

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1901-1902. — N° 75

De l'Épuration
DES
EAUX D'ÉGOUT
ÉPANDAGE

MÉTHODE BIOLOGIQUE

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 11 Janvier 1902

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

CHARLES HAMÉON

Élève de l'École du Service de Santé militaire de Lyon

Né à Rennes, le 25 décembre 1877



LYON

IMPRIMERIE PAUL LEGENDRE ET Cie

Ancienne Maison A. WAITENER

14, rue Belle-Cordière, 14

—
1902

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année scolaire 1901-1902. — N° 75

De l'Épuration
DES
EAUX D'ÉGOUT
ÉPANDAGE

MÉTHODE BIOLOGIQUE

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 11 Janvier 1902

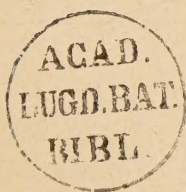
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

CHARLES HAMÉON

Élève de l'École du Service de Santé militaire de Lyon

Né à Rennes, le 25 décembre 1877



LYON

IMPRIMERIE PAUL LEGENDRE ET C^{ie}

Ancienne Maison A. WALTENER

14, rue Belle-Cordière, 14

1902

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET DOVEN.
LACASSAGNE. ASSESSUR.
CROLAS. QUESTEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. PAULET, CHAUVEAU.

PROFESSEURS

Cliniques médicales.....	}	MM. LÉPINE.
Cliniques chirurgicales.....		BONDET.
Clinique obstétricale et Accouchements.....	}	BARD
Clinique ophtalmologique.....		PONCET.
Clinique des Maladies cutanées et syphilitiques...		X.
Clinique des Maladies mentales.....		FOCHIER.
Clinique des Maladies des enfants.....		GAYET.
Physique médicale.....		GAILLETON
Chimie médicale et pharmaceutique....		PIERRET.
Chimie organique et Toxicologie.....		WEILL.
Matière médicale et Botanique.....		MONOYER.
Parasitologie.....		HUGOUNENQ
Anatomie.....		CAZENEUVE.
Anatomie générale et Histologie.....		FLORENCE.
Physiologie.....		LORTET.
Pathologie interne.....		TESTUT.
Pathologie externe.....		RENAUT.
Pathologie et Thérapeutique générales.....		MORAT.
Anatomie pathologique.....		TEISSIER.
Médecine opératoire.....		AUGAGNEUR.
Médecine expérimentale et comparée.....		MAYET.
Médecine légale.....		TRIPPIER.
Hygiène.....		POLLOSSON (M.).
Thérapeutique.....		ARLOING.
Pharmacologie.....		LACASSAGNE.
		COURMONT.
		SOULIER.
		CROLAS.

PROFESSEUR ADJOINT

Clinique des Maladies des femmes..... M. LAROYENNE.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Maladies des voies urinaires.....	MM. CHANDELUX,	agrégé.
Maladies des oreilles, du nez et du larynx.....	LANNOIS,	—
Propédeutique médicale.....	ROQUE,	—
Propédeutique chirurgicale.....	GANGOLPHE,	—
Propédeutique de gynécologie.....	CONDAMIN,	—
Anatomie pathologique.....	DEVIC,	—
Physiologie.....	DOYON,	—
Accouchements.....	FABRE,	—
Botanique.....	BEAUVISAGE,	—
Hydrologie et matières alimentaires.....	CAUSSE, D ^r ès sciences.	

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
BEAUVISAGE.	VALLAS.	NOVÉ-JOSSERAND.	CHATIN.
ROUX.	SIRAUD.	BERARD.	VILLARD.
COLLET.	DURAND.	SAMBUC.	TIXIER.
BOYÉ.	PIC.	BORDIER.	FABRE.
BARRAL.	PAVIOT.	COURMONT (P.).	REGAUD.
MOREAU.			

M. BEAUDUN, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. J. COURMONT, Président ; M. WEILL, Assesseur ;
MM. PIC et CHATIN, Agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA DOULOUREUSE MÉMOIRE

DE MA MÈRE

A MON PÈRE

Hommage respectueux

A MES SOEURS

*Témoignage d'affectueuse
reconnaissance*

A MON FRÈRE

A MES PARENTS ET A MES AMIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur J. COURMONT

Professeur d'hygiène à la Faculté

Médecin des Hôpitaux

A Monsieur le Dr P.-Just NAVARRE

Ancien Médecin de marine

L'épuration des eaux d'égout a fait et fait encore aujourd'hui l'objet de nombreuses et savantes discussions. Tous les hygiénistes sont bien d'accord pour empêcher la contamination des cours d'eau par les « sewages », mais le traitement préalable des eaux vannes reste un problème ardu.

Ainsi le sujet était très vaste. Nous avons commencé par un chapitre sur la maison et la ville salubres, considérées seulement au point de vue de la distribution de l'eau et de l'évacuation des eaux usées. Notre but était ensuite de rechercher les systèmes les meilleurs et les plus pratiques concernant l'épuration de celles-ci. On nous accordera qu'il devait être assez pénible à atteindre, si l'on envisage la surabondance des opinions contradictoires, toutes, d'ailleurs, très autorisées.

Après avoir constaté les résultats peu encourageants de l'épuration mécanique et de l'épuration chimique, nous avons, dans un rapide exposé de l'épandage, insisté particulièrement sur la nécessité de l'intermittence des irrigations et sur son corollaire, l'aération

du sol. Dans le cours de cette étude et de la suivante, nous avons évité avec soin le côté technique, trop au-dessus de notre compétence.

M. le Dr P.-Just Navarre ne nous a pas ménagé ses précieux conseils ; puis, en mettant à notre disposition le Traitement bactérien des Eaux d'égout, par Thudichum, il nous a fait entrevoir le mécanisme de l'épuration biologique. C'est à lui que revient ce qui peut être bon dans ce modeste travail : qu'il veuille bien recevoir ici nos sincères remerciements.

M. le Professeur Courmont nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre thèse : nous tenons à l'assurer de notre vive gratitude.

Mais, avant de quitter Lyon, nous ne saurions trop témoigner notre reconnaissance à M. J. Callies, ingénieur de la marine, chef du bassin du Rhône, pour la surveillance des travaux confiés à l'industrie. Il nous accueillit dans sa charmante famille avec une bienveillance et une bonté dont nous garderons un souvenir impérissable.

LA MAISON ET LA VILLE SALUBRES

CONSIDÉRÉES SOUS DEUX RAPPORTS : L'ABONDANCE DE
L'EAU ET L'ÉVACUATION RAPIDE DES SEWAGES.

La maison assainie dispose d'une très grande quantité d'eau. Celle-ci est répartie à tous les étages par deux canalisations : l'une pour l'eau potable, l'autre pour l'eau de rivière destinée aux lavages et aux soins de propreté.

Toutes les chutes des cabinets d'aisances, tous les tuyaux de descente des eaux pluviales et ménagères, aboutissent à l'égout public. On n'opère donc plus aucune vidange dans la propriété : plus de puisards, plus de fosses fixes, plus de fosses mobiles, plus même de tinettes filtrantes qui ne sont que « l'hypocrisie du tout-à l'égout » (Langlois).

Tout est préparé pour l'évacuation la plus rapide des eaux usées et des matières excrémentitielles hors de l'habitation. Un pareil dispositif exige nécessairement l'intervention de l'eau qui vient chasser les matières, sans leur donner le temps de fermenter et

d'obstruer les conduites. Les cabinets d'aisance sont toujours des *waters-closets*. Ils disposent d'appareils de chasse automatiques, dont la cuve doit avoir une contenance de 10 à 15 litres.

L'eau, conduite par un tube de plomb ou de fonte arrive dans la cuvette avec une force constante, tant que le réservoir n'est pas vide. Les parois de la cuvette sont nettoyées vigoureusement, et les matières sont chassées vers le tuyau de chute. Elles franchissent d'abord les deux coudes d'un siphon, mais il est bien entendu qu'elles ne doivent s'y arrêter, ni en totalité ni en partie : la condition *sine qua non*, c'est l'abondance de l'eau. Dans le cas où celle-ci ne pourrait être fournie en quantité suffisante, on accepterait, comme un pis-aller, une valve automobile ou mue à la main, formant avec le fond de la cuvette une fermeture hydraulique. Le fonctionnement en est souvent défectueux, aussi, en règle générale, les valves sont proscrites.

Tout tuyau qui se dirige vers l'égout, tuyau destiné soit aux matières excrémentielles, soit aux eaux ménagères, de la cuisine, du cabinet de toilette ou de la salle de bains, est muni de siphons. Ici, l'eau est employée comme intercepteur ; elle empêche, d'une manière absolue, la communication des pièces habitées avec l'atmosphère des égouts.

Si l'on quitte un appartement pour quelque temps cette eau ne tarde pas à s'évaporer, le désiphonage se produit, et les gaz délétères se répandent. L'appareil idéal serait donc la combinaison du siphon et de la soupape. Cependant il suffit, pour remédier à

cet inconvénient, de verser dans la garde d'eau un quart de litre d'huile ou de pétrole.

Le désamorçage peut encore se produire par la décharge d'un appareil de chasse voisin et greffé sur la même conduite (Barré). Dans ce cas, il est indiqué d'aérer le siphon à l'aide d'un tuyau de ventilation, partant de sa deuxième coudure. L'appel s'exerce alors sur l'atmosphère, et non plus sur la garde d'eau.

Enfin, la tuyau de chute, placé à l'extérieur, est prolongé jusqu'au toit pour la ventilation.

La canalisation de la maison est établie sur la plus grande pente possible ; elle doit déboucher directement dans le pied-droit de l'égout, et le branchement qui, autrefois était une cause d'insalubrité, muré à l'aplomb de l'égout et mis en communication avec l'intérieur de l'immeuble, n'est plus qu'une cave saine et sèche, uniquement destinée à renfermer le siphon terminus et le compteur de distribution d'eau (Barré).

Au total, tout est disposé pour l'évacuation presque instantanée des eaux usées. Les conduites sont ventilées par la prolongation des tuyaux de chute jusqu'au toit, et toute communication avec l'égout est fermée par les siphons. Pas de traces de matières dans les conduites et de l'eau seule dans les siphons, tel devrait être l'aspect général de la canalisation tout entière, dans un intervalle de repos.

Un pareil système exige évidemment beaucoup d'eau. L'ingénieur Grahn a calculé que 128 villes anglaises reçoivent une moyenne de 142 litres d'eau par habitant ; mais les villes à water-closets ont une

quantité disponible variant de 180 à 340 litres.

Les cités anglaises sont, en général, mieux approvisionnées en eau que les cités françaises, ou, du moins, les besoins de l'habitant passent avant les services publics. Ainsi Londres n'a guère que 160 litres par habitant, Paris 250, mais 80 o/o, soit 129 litres, sont destinées, à Londres, aux services privés, à peine 45 o/o à Paris. Donc, tandis que la quantité d'eau totale est bien supérieure à Paris qu'à Londres, les habitants de cette dernière ville en disposent de près du double qu'à Paris, qui lave à fond ses rues, mais néglige ses citoyens. « L'idéal pour une grande ville serait donc de réunir ensemble les qualités particulières aux deux grandes capitales : de l'eau à la maison et dans la rue » (Barré).

La plupart des villes importantes ont une distribution insuffisante, car l'augmentation de la consommation d'eau dépasse très vite la progression de la population. Il doit y avoir un rapport entre la moyenne de litres par habitant et l'extension du périmètre urbain.

Fanning demande, pour les villes de 10.000 habitants, 140 à 200 litres par tête et par jour; pour celles de 20.000, 170 à 230 ; pour celles de 30.000, 200 à 280 ; au delà de 80.000, 300 à 500. M. Huet estime que le jour où le service public aura pris, en Angleterre, le développement qu'il a pris en France, et que la France aura les facilités domestiques de l'Angleterre, la consommation devra s'élever à 300 ou 400 litres par habitant et par jour au moins.

Paris à 250 litres par habitant, il devrait en avoir 1.000 d'après M. Wazon. La Rome ancienne en eut

jadis 1.200 au moins, elle en a encore 1.000 aujourd'hui. C'est peut être la ville européenne la mieux fournie.

Les villes anglaises ont un approvisionnement plus riche que le nôtre ; il oscille, d'après Grahn, nous l'avons vu, entre 140 et 340 litres. En France, sur 449 villes ayant une distribution d'eau avec une population globale de 10.500.000 habitants, la moyenne est de 111 litres seulement.

Lyon dispose de 150 litres par habitant ; Nantes et Toulon atteignent le même chiffre. Boulogne-sur-Mer, Tours, Orléans, Melun, Nîmes et Montpellier vont de 170 à 230 litres ; Dijon, Limoges, Bayonne, Toulouse, Agen et Besançon atteignent successivement 240 et 280. Les chiffres les plus faibles se trouvent à Cette avec 70 litres, et les plus forts à Cannes et à Marseille qui arrivent à 1.200 et 170 à 1.000 litres par habitant.

La moyenne allemande est encore plus basse que la moyenne française : Berlin a 75 litres par habitant, dont 67 pour le service privé ; Bonn, qui paraît être une des villes les mieux approvisionnées, au-delà du Rhin, arrive à 290 litres.

Enfin l'Europe méridionale compte les cités les moins bien dotées sous le rapport de l'eau : Venise n'a que 40 litres par habitant, Barcelone 30 litres et Madrid 15 seulement.

Les villes américaines ont des approvisionnements énormes. Aux Etats-Unis, Alleghany atteint 1.080 litres, Buffalo 845, Richmond, Détroit, Washington, Philadelphie, Chicago et Cincinnati passent

de 760 à 500 litres. On ne trouve pas de villes ayant au-dessous de 120 et 130 litres par tête et par jour. New-York peut aller jusqu'à 1,000 litres par habitant.

Peut-être ces grandes quantités d'eau sont-elles moins en rapport avec les besoins actuels qu'avec l'extension rapide des cités, que l'expérience a surabondamment fait ressortir de l'autre côté de l'Atlantique. Il n'en est pas moins vrai que c'est là un précieux garant de la salubrité de ces villes, et l'on a pu dire de Chicago :

« Sans le lac Michigan il y a longtemps que cette laborieuse ruche américaine aurait été empoisonnée par ses abattoirs, ses fondoirs et ses innombrables ateliers d'équarrissage ».

L'eau, en effet, n'est pas seulement indispensable pour la boisson, la cuisson des aliments et les multiples usages domestiques, elle est encore la sauvegarde de la santé publique qui ne peut être assurée que par des lavages fréquents et abondants des personnes et des maisons, comme il est dit plus haut, des voies publiques et des égouts.

Il n'entre pas dans le sujet de déterminer ici quelles doivent être la provenance et les qualités physiques, micrographiques et chimiques de l'eau potable. Nous dirons seulement qu'en principe les puits doivent être proscrits ; le sol des villes étant toujours fatalement souillé, la nappe souterraine qui les alimente est chargée par des infiltrations de toute nature. Le gros danger de certaines villes est la présence des fosses fixes dont les plus étanches ne sont jamais étanches. Ou bien c'est le voisinage des cimetières qui est une

cause de contamination. Hervé-Magon a trouvé 1 kilog. d'acide azotique par mètre cube d'eau puisée sous le cimetière Montparnasse; les eaux des puits en contre-bas du cimetière du Père-Lachaise sont surabondamment chargées de matières organiques.

Les eaux de puits sont, en général, séléniteuses et mauvaises, mais il y a des exceptions. M. le docteur Delore l'a montré, dans un article sur l'hygiène de Lyon, à la Société de Médecine, publié par les *Annales d'Hygiène publique et de Médecine légale*, en 1901. Par exemple, l'hôpital de la Charité possède un puits dont l'eau ne contient que 110 microbes par centimètre cube suivant M. le professeur agrégé Roux; elle est donc excellente.

Toutefois ce n'est, certes, pas le cas général, témoin la fréquence de la fièvre typhoïde dans le quartier des Brotteaux dont beaucoup d'habitants ne boivent pas l'eau municipale. Il est remarquable de voir que la population, très nombreuse, des casernes de la Part-Dieu, situées dans ce même quartier, n'est pas atteinte par la terrible maladie. Mais ici on a fermé les puits : l'eau municipale seule est consommée. Cet état de chose faisait encore, en 1898, l'objet d'un rapport de M. le médecin-major Dupard, à la Société nationale de Médecine de Lyon.

Le sol des villes est toujours suspect, et l'on a pu dire de Beauvais, placé, il est vrai, dans des conditions particulièrement mauvaises, qu'« il vivait sur son fumier ».

Aussi les eaux destinées à la consommation urbaine — on l'admet partout aujourd'hui — doivent-

elles provenir uniquement soit du captage des sources, soit des galeries filtrantes établies le long des fleuves et en amont des villes. Une des preuves les plus convaincantes de l'efficacité de ces mesures est l'influence qu'ont eue, dans les différents pays, sur l'état sanitaire de la population, les divers régimes d'alimentation des eaux.

Aux Etats-Unis la mortalité est faible; elle oscille, dans les villes, entre 9 et 20 pour 1.000 habitants et par an; ainsi à New-York on trouve 22,8 pour 1.000 habitants; à Washington, 21 au lieu de 30, comme autrefois; à Chicago, 18,9; à Minneapolis, 9,6. Si nous passons en Europe nous avons à Lyon 22, à Rome 24, à Berlin 20,7, à Londres 19, etc. En 1880 on comptait, à Paris, 25 décès pour 1.000 habitants; en 1891 on tombait à 21, et en 1894 à 20.

Comme terme de comparaison opposable à ces cités où les municipalités ont souci de l'hygiène, il suffit de présenter Madrid, avec 15 litres par habitant et 30 décès pour 1.000.

Mais, c'est incontestable, les mesures hygiéniques autres que la distribution des eaux de bonne qualité, ont leur grosse part dans cette amélioration de la santé publique. Outre la disparition des logements insalubres, l'assainissement de l'atmosphère et des voies publiques, etc..., dont nous n'avons pas à nous occuper ici, c'est aussi l'extension du système du tout-à-l'égout qui semble bien en être une condition essentielle. Que si, d'ailleurs, l'abondance de l'eau est nécessaire à la salubrité des villes, le tout-à-l'égout apparaît comme le seul système vraiment

hygiénique qui convienne à l'évacuation rapide de cette eau abondante après souillure.

La critique des fosses fixes ou mobiles et des tinettes filtrantes n'est plus à faire. Faute de mieux on peut être obligé de s'en contenter, mais les progrès de l'hygiène exigent aujourd'hui, partout où c'est possible, un dispositif meilleur. Le sol et sa nappe souterraine sont infectés par des infiltrations provenant de fissures impossibles à éviter, d'autant plus dangereuses qu'elles sont souvent ignorées, quand elles ne sont pas fidèlement respectées par les propriétaires dont les intérêts s'accommodent fort d'une vidange peu fréquente. L'air est empoisonné d'émanations pestilentielles, fatales avec la stagnation de matières qui ne demandent qu'à fermenter. Les fosses mobiles courent le risque d'être renversées dans les appartements et le curage des fosses fixes est un danger pour les vidangeurs. « C'est à la vue de ces malheureux, dit M. le professeur Lacassagne, que, touché de compassion, Ramazzini, âgé de soixante ans, se décida à écrire son beau « Traité des maladies des artisans ».

Enfin ces différents systèmes ont, comme les suivants d'ailleurs, un gros inconvénient : pour des motifs faciles à saisir, les propriétaires des fosses et les industriels qui utilisent les vidanges, veulent le moins d'eau possible. « Or, comme l'a si bien dit M. le Dr Clément, à la Société de Médecine de Lyon, dans les waters-closets, il faut gaspiller l'eau et non l'économiser ».

Le système différenciateur pneumatique de Lier-

nur a, lui aussi, ce premier défaut. Il exclut l'emploi de l'eau comme obturateur et même comme moyen de lavage (Arnould). Il en est de même pour le Berlier. Toutefois, le vide fait dans les conduites présente l'avantage d'empêcher la contamination du sol, puisqu'il ne peut exister qu'une aspiration de l'extérieur vers l'intérieur. Mais, à supposer une avarie de machines, on se représente une ville encombrée, *ipso facto*, de ses matières fécales.

Le système Berlier fonctionne à Lyon pour une partie de la ville, mais d'une façon spéciale. Pour des raisons qui ne dépendent pas de l'ingénieur, on a conservé les fosses fixes. Leur contenu est jeté dans des tonneaux qui sont ensuite vidés à l'aide d'un tube aspirateur. Celui-ci aboutit à une usine qui recueille les vidanges et les vend aux agriculteurs. L'eau peut être admise à raison de 5 à 6 litres par présentation, ce qui est peu; en outre, ce procédé ajoute à ses propres défauts ceux de la fosse fixe.

Les canalisations pneumatiques n'admettent, bien entendu, que les matières fécales et les eaux usées domestiques. On établit, à côté d'elles, d'autres canalisations destinées à l'évacuation des eaux de pluies, des eaux de l'industrie ou de lavages publiques qui sont alors jetées directement dans les fleuves.

On peut placer immédiatement après les égouts à *separate system*. Ceux-ci, composés de petites conduites, de 15 à 20 centimètres de diamètre à l'origine pour les sewages, et d'autres canaux indépendants pour les eaux de pluies, font progresser les

matières, non plus à l'aide du vide comme le Berlier ou le Liernur, mais grâce à des chasses d'eau puissantes ; ils desservent toujours des waters-closets.

De ce chef d'hygiène urbaine est satisfaite. Waring a appliqué cette méthode à Memphis ; plusieurs villes d'Amérique l'ont ensuite acceptée, mais elle ne s'est guère implantée en Europe. Paris en a fait l'essai dans certains quartiers ; Nice et Cannes l'ont adoptée ; Oxford, bien avant, dès 1876

Elle présente sur les égouts unitaires certains avantages : économie dans la construction, moins d'exigence pour la pente, pas de contact avec l'atmosphère. Les inconvénients tiendraient aux dangers d'obstruction et de rupture des conduits en poterie vernissée. L'égout unitaire reste, en somme, le système qui satisfait l'hygiène de la façon la plus complète.

Les premières études furent faites en Angleterre, dès 1850 ; en 1859, on pratiquait à Londres le tout-à-l'égout. En 1856, Paris construisait, sur le projet Bertrand, de vastes collecteurs destinés à transporter hors de la ville, les eaux des égouts secondaires qui, jusque-là, se déversaient dans la Seine *intra muros*. L'envoi direct à l'égout des matières de vidange fut autorisé par arrêt préfectoral en date du 10 novembre 1886, rendu en exécution d'une délibération du Conseil municipal du 31 juillet de la même année. Enfin, la loi de 1894 déclarait le tout-à-l'égout obligatoire dans la capitale.

Berlin était entré dans la même voie en 1874, mais ici les collecteurs ne reçoivent pas les eaux d'orage.

M. Resal, ingénieur de la voirie, a présenté à Lyon un projet en 1897 ; il a été approuvé par une Commission technique en 1898, mais on n'a pas été plus loin. En 1891, la ville de Marseille se décida au tout-à-l'égout avec déversement à la mer sous la direction de MM. Cartier et Genis, ingénieurs.

En Angleterre et aux Etats-Unis, presque toutes les grandes villes ont le tout-à-l'égout : Manchester, Liverpool, New-York, Chicago, Boston, etc.

Construits généralement en maçonnerie, les égouts se rapprochent plus ou moins de la forme ovalaire. Leurs dimensions sont en raison directe de leur débit, et leur pente en raison inverse. Il en résulte que la vitesse est plus grande dans les branchements primitifs que dans les collecteurs : 1 m. et même 1 m. 50 à la seconde dans les premiers, 0,80 en moyenne dans les seconds.

Les sables et les détritits solides des rues s'accablent malgré le courant. On est obligé d'installer des chasses d'eau et de curer les conduits avec des rabots, des wagons ou des bateaux-vannes suivant la grandeur des voies. On retire ainsi chaque année environ 25.000 mètres cubes de vases à Paris.

La suppression du contact des matières avec l'atmosphère serait l'idéal. Ce fut le rêve de la *Commission d'assainissement* dite des *Odeurs de Paris* en 1880. MM. Pasteur, Brouardel, Girard, Schlesing et Wurtz, désiraient « un système de canalisation étanche, qui aurait pour effet de supprimer toute communication entre les matières excrémentielles

d'une part, et l'air et les terrains environnants d'autre part ».

Les recherches de Wolfhügel, à Munich, ont montré que l'étanchéité est acquise après quelques années d'usage. Wibel, aussi, a démontré que si deux liquides l'un en mouvement, l'autre en repos, sont séparés par une membrane, la diffusion du premier est annulée. Au reste il se ferait plutôt une aspiration de la nappe souterraine dans l'égout.

Quant à la suppression du contact avec l'air, seuls, les systèmes pneumatiques et les égouts à circulations séparées peuvent la réaliser.

« Nous pensons, dit Arnould, que ce qu'il y a de mieux, c'est de faire servir à la ventilation des égouts les communications qu'ils ont fatalement avec l'air extérieur ». C'est, d'ailleurs, une nécessité pour les ouvriers qui y descendent. Le meilleur et le plus simple moyen est le système américain, de Bayles et J. Adams : prolonger le tuyau de chute des cabinets d'aisance jusqu'au toit, comme il est déjà dit plus haut. La ventilation se fait encore par les regards et les bouches.

Il est à noter que les gazs des égouts ont une tendance à descendre plutôt qu'à monter. Ils ne s'élèvent pas d'eux-mêmes dans les *tours de ventilation* de Dantzig et de Francfort ou dans les cheminées d'aération, mais ils sont aspirés grâce au feu qu'on y entretient.

Les égouts réalisant les conditions de vitesse et de curage susdites ne sont, d'ailleurs, pas nauséabonds ; les défauts de construction peuvent, seuls, en

faire « une fosse fixe dont le contenu est mobile » (Monnoyer). Nous concluerons, avec M. le D^r Clément :

« A moins de se résigner à tout recommencer, on est bien obligé d'admettre, avec les hygiénistes du monde entier, que le tout-à-l'égout est, sinon un mode de vidange parfait, du moins qu'il est le plus parfait de tous pour les grandes villes ».

Mais que faire, maintenant, de l'énorme quantité d'eaux-vannes que charrient les souterrains, souvent longs de plusieurs centaines de kilomètres ?

TOUT-AU-FLEUVE ET TOUT-A-LA MER

Tout-au-fleuve. — Le tout-au-fleuve est un très simple moyen de se débarrasser des eaux vannes. Il est possible quand le fleuve joint à un grand débit un courant rapide : c'est le cas du Danube, du Rhin et du Rhône, par exemple.

Sous l'influence de la dilution, de l'aération et des rayons solaires, microbes et matières organiques disparaissent rapidement. M. le professeur agrégé Roux, directeur du Bureau d'Hygiène de Lyon l'a nettement prouvé, lors de ses travaux sur l'analyse microbiologique de la Saône dans sa traversée de la ville. Alors que la présence de nombreux germes faisait découvrir des bouches d'égout ignorées tout près des endroits où les prises d'eau avaient été faites, on en trouvait bien moins à quelques centaines de mètres plus bas. Genève verse dans le Rhône les immondices de 50.000 habitants et, pourtant, au-dessus de Lyon, le fleuve offre une eau très potable, puisqu'elle ne contient qu'une centaine de germes par centimètre cube.

Le système serait peut-être applicable à Lyon, sans dommage pour les riverains « car, dit M. le professeur Gailleton, les bactériologistes ont démontré l'absence de souillure à moins d'un kilomètre au-dessous de l'embouchure des égouts dans le fleuve ».

Mais, en Europe, bien peu de rivières ont un débit important ; elles sont polluées, d'une façon plus ou moins irrémédiable, toutes les fois qu'elles traversent de grandes villes, surtout des centres industriels. La Clyde, à Glasgow, fut un égout gigantesque. Le docteur Frankland, a donné, dans ses rapports, le profil de rivières, telles que l'Irwell, le Medlock et le Rock, dans lesquelles les détritux formaient des bancs énormes, créaient des îles au milieu du courant, obstruaient les ponts, tandis que l'eau qui circulait au milieu de ces obstacles atteignait un degré d'impureté tel que celle de la Seine aurait paru limpide à côté.

Aussi, dès 1865, protestait la *Rivers pollution Commission* et, en 1875, le *Local Government Board* provoquait la loi du 14 août sur l'épuration des *sewages* et des eaux industrielles.

On connaît la loi de 1894, sur l'épuration, par le sol, des eaux des égouts de Paris.

Si donc le tout-au-fleuve peut être hygiénique, il est rarement applicable, au moins en Europe.

Tout-à-la mer. — Le tout-à-la mer peut s'effectuer, dans les ports de la Manche et de l'Océan, sans inconvénients graves. Le mouvement de flux et

de reflux entraîne les impuretés au large et opère un nettoyage suffisant. Toutefois, lorsque la marée monte, elle s'engouffre dans les égouts et en suspend la circulation ; d'autre part, grâce aux embouchures des fleuves, elle peut faire remonter les immondices en pleine ville, comme cela s'est vu à Londres et à Manchester. Lorsqu'elle est tout-à-fait basse, au contraire, elle laisse à découvert, devant le débouché des égouts, des bancs de vase infecte ; le vent pénètre dans les ouvertures, refoulant les gaz dans les conduites et jusque dans les maisons.

On est alors obligé de conserver les eaux vannes dans de grands dépotoirs, comme à Boston, d'où elles ne sont rejetées qu'à marée basse.

Dans les ports de la Méditerranée, où la mer ne marne pas, si, surtout, l'on déverse les eaux souillées dans des bassins, on arrive à des résultats désastreux. Le Port-Vieux de Marseille et la Petite Darse de Toulon ont eu, à cet égard, une réputation méritée. Le seul remède est de conduire les eaux vannes en mer libre, comme cela se fait aujourd'hui. Le problème est alors résolu d'une façon très-satisfaisante.

Mais le tout-à-la mer est à la portée de certaines villes côtières seulement. Le projet de conduire à la Manche, les eaux de Paris a été jugé trop coûteux, partant irréalisable. Il est, d'ailleurs, à présumer que les rivages les plus proches n'y auraient pas gagné.

Comme, d'autre part, le tout-au-fleuve est le privilège rare de quelques cités, la majorité des villes épure, ou devrait épurer ses eaux d'égout.

ÉPURATION MÉCANIQUE ET CHIMIQUE

Épuration mécanique. — Trois méthodes se partagent les divers procédés mécaniques : la décantation, la filtration et l'électricité.

La décantation a été essayée, surtout, en Angleterre. A Birmingham, à Blackburn, à Newcastle on a creusé de grands bassins dans lesquels les eaux d'égout étaient amenées et séjournaient assez longtemps, pour laisser déposer les matières solides par la seule action de la pesanteur.

Pour la filtration, on a employé le sable, le coke, les toiles métalliques fixes ou mobiles, etc. Punchon, de Brighton, avait construit des cylindres en matière poreuse, tournant rapidement sur leur axe et obligeant l'eau à passer à travers leurs parois par force centrifuge, les vases restant à l'intérieur. A Essen, Roeckern-Rothe se servait d'une espèce de siphon, en terre poreuse également.

Quant à l'électricité, on en a fait l'essai dans certaines villes d'Amérique, d'Angleterre, et même au Havre. Le procédé Hermite était basé sur l'emploi

d'un composé oxygéné, obtenu par l'électrolyse de l'eau de mer ou d'une solution de chlorure de sodium. Ce composé oxyde énergiquement les matières organiques et détruit les microbes. William Webster a proposé, en 1889, une autre méthode basée sur la décomposition de l'eau par le courant électrique.

Au total, la décantation, la filtration et l'électricité ont des inconvénients qui les ont fait énergiquement condamner par toutes les Commissions françaises ou anglaises. Ces procédés sont souvent très coûteux ; ils constituent une industrie insalubre ; leurs résultats, au point de vue de l'épuration, sont très discutables, car ils laissent des quantités énormes de matières organiques en dissolution, jusqu'à 1 kilogramme par mètre cube. Enfin, ils accumulent des monceaux de boues fétides dont on ne sait que faire, les agriculteurs les refusant presque toujours. Ce sont aussi les défauts des procédés chimiques.

Épuration chimique. — Le manuel opératoire est extrêmement varié ; on s'est adressé aux réactifs les plus divers : à la chaux, à la potasse, à la soude, aux phosphates naturels en solution acide, au sulfate ferrique, au sulfate d'alumine, aux sels de magnésie, à l'alun, au chlorure de zinc, au perchlorure de fer, au charbon, au goudron et même au sang dans le système anglais (A. B. C.). De tous les systèmes : Wicksted, Knab, Le Châtellier, Seguin et Defosse, Ladureau et Jean de Mollins, Huet et

Gaillet, Lenk, Suvern, Fournier et Bilange, Pfuhl, etc., etc... ; chaque ville a bientôt eu son inventeur, le meilleur est encore le système Howatson. Il fut appliqué avec un certain succès à l'usine d'Huddersfield et dans d'autres villes anglaises.

Les eaux d'égout sont traitées par le ferrozone et le polarite ; elles arrivent dans des bassins où la décantation se produit en 4 heures 1/2 environ. Les matières en suspension mélangées au ferrozone et le précipité forment des dépôts au fond et les eaux sont expulsées par un siphonnage dans des filtres-presses, puis dans des filtres au silex et au polarite.

• Comme les procédés mécaniques, les procédés chimiques peuvent être d'un usage assez pratique pour des localités n'ayant pas un trop grand volume à épurer. Pour des villes d'une certaine importance on est forcé de les rejeter et pour les mêmes raisons. A Londres et à Paris, on a calculé qu'on aurait, chaque jour, à charrier 400 à 500 mètres cubes de vase infecte encore moins utilisable pour l'agriculture dans le cas d'épuration chimique.

Londres charge les siennes sur des bateaux qui vont, quotidiennement, les déverser en pleine mer, moyennant 1.000.000 de francs par année. « Ces boues, écrit M. Thudichum, sont une plaie, une abomination qu'il faut éviter. » C'est « la bête noire des ingénieurs » suivant le terme consacré en Angleterre.

ÉPANDAGE

Historique. — L'historique complet de l'épandage comprendrait à lui seul plusieurs volumes. L'on pourrait remonter jusqu'à l'an 340 où le temple de Jérusalem employait ses eaux impures à la culture des jardins dans la vallée du Cédron, et citer les mêmes coutumes qui furent observées en Egypte de temps immémorial. Sans doute, l'utilisation des eaux vannes, comme engrais, est connue depuis la plus haute antiquité; plus près de nous encore c'est Milan, qui irrigue ses champs Marcites depuis 1176; mais les études vraiment scientifiques sur *l'épuration des eaux d'égout par le sol* ne datent guère que de la seconde moitié du XIX^e siècle.

Les premières recherches ont été faites en Angleterre. De 1862 à 1865, le parlement anglais étudiait profondément la question, et finissait par conclure à la supériorité de l'épandage sur l'épuration chimique.

« Il résulte de nos expériences, dit Hoffmann, dans sa lettre au lord-maire de Londres en 1862,

que tous les plans conçus pour utiliser les eaux d'égout, excepté celui qui consiste à les employer en irrigations, portent en eux-mêmes la preuve de leur impraticabilité. »

Les *commissaires royaux* visitaient alors Rugby, Croydon, Carlisle, Edimbourg et de nombreuses autres villes qui pratiquaient déjà l'utilisation agricole. En 1865, la Compagnie du *Metropolis sewage* commençait à déverser les eaux vannes de Londres sur les terres de Barking-Creek et sur les sables de Maplin Sands et de Dengie Flat. Les villes anglaises utilisant leurs eaux pour l'irrigation, étaient au nombre de douze en 1869, il y en avait quarante-quatre en 1873, cent trente-quatre en 1881, et cent soixante-quinze en 1897. Mais ce bel élan s'est bientôt arrêté : on a d'abord fait passer les eaux à travers des filtres grossiers qui retenaient les matières les plus volumineuses, ou bien on les clarifiait chimiquement, comme à Birmingham, avant de les livrer à l'agriculture. Malgré toutes ces précautions préliminaires, beaucoup de villes ont eu des mécomptes, témoin Chorley, Wigam, Lincoln, Chesterfield, Burton, etc. citées par la Commission de Rouen. Londres surtout, n'a pas tardé à revenir sur ses pas : elle s'est finalement contentée, faute de mieux de l'épuration chimique.

En France, Reims épurait ses eaux sur 534 hectares depuis 1847 ; mais les discussions qui firent époque ont commencé vers 1865, lors des rapports de M. de Freycinet sur l'assainissement industriel et municipal en Belgique, en Prusse rhénane, à

Londres et en France. Les premiers travaux sont dus à M. Mille, ingénieur de la ville de Paris, qui opérait, en 1865, sur un champ de Clichy. En 1866, MM. Mille et Durand-Claye furent chargés de faire des essais en grand ; on construisit une usine élévatoire à l'extrémité du collecteur d'Asnières et les terrains irrigués reçurent environ 120.000 mètres cubes en 1868. En 1869, la ville de Paris acquérait des terrains plus vastes et l'on envoyait 975.000 mètres cubes à Gennevilliers. La guerre de 1870 interrompit les opérations.

En 1872, on reconstruisit le pont de Clichy qui portait les conduites et que l'on avait fait sauter au moment de l'invasion et l'on reprit, dans la presque île de Gennevilliers, l'exploitation qui ne fit, dès lors, que s'étendre d'une année à l'autre. L'administration supérieure chargeait, en 1874, une Commission, dont faisaient partie MM. Durand-Claye, Mille et Alphand, de faire un rapport sur les résultats de l'irrigation et son influence sur l'état sanitaire des habitants. La municipalité de Gennevilliers et les propriétaires des villas accusaient, à ce moment, l'épandage de répandre les fièvres paludéennes et de corrompre les sources. Ces protestations, ou d'autres analogues, se sont élevées, d'ailleurs, depuis, contre chaque nouvelle extension du système ; c'était le commencement de cette « *guerre de sept ans* » que M. Vallin déclarait terminée à la gloire de Paris, en 1897, et qui se ralluma plus tard à Pierrelaye Méry et à Carrières-Triel.

Le rapport conclut, toutefois, à l'excellence du

système et à son extension sur le domaine d'Archères. Ce projet adopté, par la Commission d'enquête du département de la Seine, fut repoussé par celle de Seine-et-Oise.

En 1880, le conseil municipal de Paris émettait un vœu tendant à l'épuration de la totalité des eaux d'égout par le sol et l'utilisation de ces eaux au profit de l'agriculture non seulement, à Gennevilliers, mais aussi dans la partie basse de la forêt de Saint-Germain.

La Commission dite des *Odeurs de Paris*, sous l'influence de Pasteur, admit bien l'épandage, mais « sous la réserve que les matières seraient exclues des eaux d'égout », ce qui était le renversement des idées administratives. Le Conseil des Ponts-et-Chaussées appuya, bien entendu, la municipalité et, le 28 juillet 1881 le ministre des Travaux Publics approuvait le projet de la ville.

Par arrêté préfectoral du 25 octobre 1882, une Commission technique allait étudier le tout-à-l'égout tel qu'il se pratiquait à Londres, à Bruxelles, et à Amsterdam. En 1883, le préfet de la Seine demandait le tout-à-l'égout et l'épuration par le sol.

Après le vote de la Chambre des Députés, le Sénat consulta, en 1888, le Conseil d'Hygiène de la Seine qui, malgré l'opposition de Pasteur, approuvait, par 29 voix sur 30 votants, la préservation de la Seine, par l'épandage. Le Comité consultatif d'Hygiène publique de France donnait la même réponse au questionnaire qui lui était envoyé. Le 4 avril 1889, sur le rapport des docteurs Bourneville et Cornil, la

loi sur l'utilisation des eaux d'égout à Achères était votée.

Enfin la loi du 10 juillet 1894 permettait à Paris l'acquisition des derniers terrains pour l'épuration intégrale de toutes ses eaux vannes.

En Allemagne les partisans du système furent, au premier rang, MM. Koch, Virchow et Hobrecht. Sous leur impulsion, les travaux d'assainissement avancèrent avec beaucoup plus de rapidité qu'en France. « Les premières études, dit M. Proust, ont commencé à Berlin en 1869. Le plan d'exécution fut adopté en 1873, sa période d'exécution commença en 1874 et aujourd'hui, 1888, le programme est presque complètement réalisé à Berlin ». Les champs d'Osdorf de Grossbeeren, de Falkeren, de Malchow, etc. ont une superficie d'au moins 12.000 hectares, c'est plus du double des terrains d'épandage de Paris. Le succès magnifique de cette vaste exploitation ne s'est pas encore démenti. Il a servi, à plusieurs reprises, de tremplin, pour ainsi dire, aux ingénieurs parisiens, chauds partisans de l'épandage : en 1894, une lettre de Virchow fut lue à la Chambre des Députés pour vaincre les dernières hésitations. Toutefois Berlin est loin de se trouver dans les mêmes conditions que notre capitale et c'est ce qui explique la différence entre les résultats obtenus.

Enfin l'épandage a été, en dehors de l'Angleterre, essayé ou pratiqué sur une grande échelle, tant en France qu'à l'étranger, voire même en Amérique. L'on pourrait citer Dijon, Navarre, Florence, Budapesth, Dantzig, Breslau, Bruxelles, Lausanne, etc.

Il a été l'objet d'études très sérieuses à la station d'expériences de Lawrence, au Massachusets.

Épandage et Salubrité. — Au total, de tous les essais d'épuration des eaux d'égout par le sol, il ressort que c'est là un moyen bien supérieur aux procédés jadis employés. Tous les auteurs sont d'accord aujourd'hui sur le principe, mais les divergences deviennent très marquées si l'on passe à l'application. Trop souvent, hygiénistes et ingénieurs n'arrivent pas à s'entendre ; aussi n'est-ce pas sans difficulté que l'on arrive à saisir la vérité au milieu des contradictions multiples qui surgissent à chaque page de la littérature des quarante dernières années.

Désormais on ne voit plus, dans l'épandage, un danger permanent pour la santé publique. Ce fut la crainte de Pasteur : il appréhendait que Gennevilliers ne devînt un milieu de culture soigneusement entretenu pour tous les microbes pathogènes, charriés dans les collecteurs, quelque chose d'analogue aux célèbres *champs maudits*. Mais Proust démontra que l'état sanitaire de Gennevilliers était excellent : les statistiques le disaient hautement. Bien plus, la commune avait échappé à l'épidémie de choléra en 1884. En 1881, la fièvre typhoïde y avait bien sévi tout autant, mais pas plus que dans le reste de l'arrondissement. Il en est toujours ainsi aujourd'hui ; le chiffre de la population augmente chaque année : de 2,186 hab. en 1869, il est passé à 6,400 en 1900. La mortalité des jeunes enfants est de 13 o/o contre 17 o/o pour la France entière (Langlois).

Les résultats ont été analogues à l'étranger : Berlin a même construit un asile de convalescents au milieu des irrigations, et le gouvernement n'a pas craint d'ouvrir, à Lichterfeld, une école de Cadets. A Noavrod et à Croydon la mortalité est tombée, en 1888, au chiffre idéal de 12 pour 1.000 habitants. Les champs d'épandage ne sont donc pas un foyer d'épidémies.

L'on s'est encore demandé si les légumes et, en particulier, les racines n'étaient pas un réceptacle tout indiqué pour les germes des maladies.

En 1897, le Dr Brandeis s'élevait contre une coutume des environs de Bayonne où l'on arrose, paraît-il, jusqu'aux feuilles des plantes avec les eaux vannes. Cet auteur trouvait le Coli, l'Eberth et le Koch dans les eaux de lavages des légumes. Le Dr Geschwind a envoyé, vers cette époque, à l'Académie de Médecine, la relation de cinq cas de dothiéntérie imputables à des salades infectées par de l'engrais humain. On a pensé que les mêmes faits pouvaient se reproduire avec les irrigations.

Mais M. Bertillon a montré, dès 1889, que les légumes de Gennevilliers ne pouvaient pas être les agents de provocation des maladies, puisque c'était dans la commune qu'il en était le plus mangé, et que celle-ci jouissait justement d'une salubrité remarquable.

On connaît, d'ailleurs, les expériences du professeur Grancher à ce sujet. Il sème, dans des compartiments séparés, de la salade, des carottes et des radis, et les arrose avec de l'eau chargée de bacille d'Eberth à

l'état pur. Il fait ensuite des ensemencements avec la pulpe des racines ou le produit du grattage des surfaces, et dans aucun cas il ne réussit à déceler la présence du germe. Suivant l'expression de Proust, la terre est « *le cimetière des microbes*. » Les saprophytes sont en lutte avec les pathogènes et ceux-ci disparaissent rapidement. MM. Cornil, Chantemesse et Widal ont arrosé, pendant trois mois et demi, de la terre arable avec des bacilles d'Eberth et ils ont trouvé qu'il ne descendait pas au-dessous de 40 centimètres.

Enfin, comme le disait Dandrieu, de Carcassonne, il n'est pas douteux que le soleil n'ait une puissante action destructive sur les germes contenus dans les eaux d'égout exposés à ses rayons sous une faible épaisseur.

On a pensé aussi que l'épandage pouvait avoir quelque influence sur la propagation de l'helminthiase. Le professeur Blanchard condamnait, au *X^e Congrès international d'Hygiène et de Démographie*, en 1900, l'usage des maraîchers de Provence qui arrosent leurs cultures avec de l'engrais humain. Les parasites se transmettent soit à l'état d'œufs, soit à l'état larvaire ; il se pourrait, d'après certains auteurs, que les premiers, du moins, puissent résister à la translation périlleuse qu'ils subissent depuis la ville jusqu'aux champs d'irrigations. La fréquence du toenia à Paris, n'aurait pas d'autre origine. Les recherches ne semblent pas avoir été faites dans cette voie et, pourtant, MM. Barré, n'admettent pas cette étiologie.

Quant à la fièvre intermittente, elle n'apparaît jamais si un bon drainage empêche la formation des mares stagnantes. Les enquêtes faites autrefois à Edimbourg, à Coydon, à Noorood et à Gennevilliers, l'ont suffisamment prouvé.

En somme, l'épandage n'a aucun retentissement désavantageux sur la santé publique ; il l'améliore même régulièrement ; c'est déjà, il faut l'avouer, une précieuse qualité. Le seul inconvénient regarde l'odorat, encore l'odeur désagréable ne se révèle-t-elle qu'aux bouches initiales des conduites maîtresses, et surtout à l'instant où on vient de les ouvrir. Chacun peut en faire l'expérience aujourd'hui ; on peut se promener, sans être incommodé, dans le parc agricole d'Achères et dans la presqu'île de Gennevilliers.

Fonctionnement. — Restent les difficultés matérielles que l'on peut rencontrer à l'application du système.

Il faut un sol perméable. En 1877, Schlöesing et Müntz, démontrèrent que la nitrification des substances organiques, était due à l'action de ferments figurés, analogues à la levure de bière, puisque la décomposition s'arrêtait quand le filtre avait été soumis à la chaleur ou aux vapeurs du chloroforme. Ces microbes sont aérobies, et ne peuvent par conséquent, agir que dans un terrain poreux et bien aéré.

D'autre part, si l'on irrigue sans interruption, la provision d'oxygène contenu dans le sol, est rapidement épuisée. Elle ne peut être remplacée, car l'eau

vanne, qui contient très peu de ce gaz en dissolution, bouche tous les interstices de la terre. Les microbes aérobies se trouvent alors dans les conditions les plus défectueuses pour remplir leur fonction. L'intermittence des irrigations est donc absolument nécessaire, sur les terrains les plus perméables. En un mot, il ne faut pas gorger les microbes de matières fécales, qu'on nous passe l'expression, jusqu'à les étouffer.

Le meilleur moyen de ne pas sursaturer le sol paraît être celui qui consiste à laisser aux paysans le soin de régler eux-mêmes les arrosages (Clément). Pourtant le parc agricole d'Achères, donne de meilleurs résultats que Gennevilliers.

Sans doute, les champs d'irrigations peuvent épurer une quantité de mètres cubes d'eau bien supérieure à celle qui est nécessaire aux besoins de l'agriculture, mais cela ne peut pas durer indéfiniment. On a pu atteindre, à Gennevilliers, jusqu'à 500.000 mètres cubes par hectare et par an, d'après M. Bechmann dans un article publié, en 1888, dans l'*Encyclopédie des travaux publics*; Frankland a dépassé 120.000 mètres cubes et Bayley-Denton a atteint 240.000 mètres cubes à Merthyr-Tydvil.

On connaît le résultat de pareilles inondations. Au bout de quelque temps les terres n'épurent plus du tout car elles se colmatent. En 1897, au *Congrès annuel de la Propriété bâtie*, M. Badois mettait en lumière ce fait très remarquable.

« Nous avons sous les yeux, disait-il, un tableau résumant depuis l'année 1885, c'est-à-dire depuis onze années, les données de la statistique municipale

officielle de la ville de Paris, publiées mensuellement par l'administration.

On reconnaît par ce tableau que le volume journalier des eaux d'égout renvoyées à la Seine, qui n'était que de 315,153 mètres cubes en 1895, s'est constamment élevé jusqu'à atteindre 540,385 mètres cubes en mars 1896 et 487,228 en octobre 1896, ce qui, comparé au débit des collecteurs, représente bien les 5/6 de la production totale et même souvent davantage.

Une autre remarque à faire, c'est que les quantités d'eau d'égout absorbées par les champs de Gennevilliers étaient, en 1885 et 1889, de 63 à 65,000 mètres cubes par jour, alors que les surfaces irriguées atteignaient successivement 633 et 750 hectares ; que les absorptions d'eau, après avoir atteint 100,000 mètres cubes en 1894, se sont amoindries jusqu'à devenir, en 1896, sensiblement de la même importance qu'en 1885, quoique la superficie d'irrigation soit parvenue à 800 hectares. Chaque hectare n'en absorbe donc maintenant que 25,000 mètres cubes en moyenne dans l'année.

« Serait-ce que le sol s'est colmaté, ou bien que les cultivateurs de cette région refusent d'en recevoir davantage ? »

Finalement le rapport, après comparaison avec le système berlinois, concluait à l'échec du système parisien. Ici l'on irriguait en trop grande abondance, et quand, plus tard, le tout-à-l'égout serait entièrement réalisé, les déjections humaines, trop

diluées, ne seraient qu'un illusoire engrais pour les champs d'épandage.

La même année, M. Paul Vincey, ingénieur agronome, professeur d'agriculture, reprenait la question et l'exposait d'une façon très séduisante.

Il y a deux choses à considérer dans l'irrigation : l'arrosage et l'utilisation des matières fertilisantes. « Il faut sourire quand on entend des théoriciens venir dire aux cultivateurs de Gennevilliers ou du Parc agricole d'Achères que, pour le bien de leur récolte, en terre sableuse, ils devraient se contenter de n'utiliser en moyenne que 10,000 mètres cubes d'eau d'égout par hectare et par an. » C'est suffisant pour les asperges qui demandent 9,000 mètres cubes en moyenne, ce serait ridicule pour la pomme de terre qui en exige 22,000 à Gennevilliers, et surtout pour la prairie qui peut en recevoir 170,000 mètres cubes.

Mais « il y a à boire et à manger pour la terre et les récoltes » dans les eaux-vannes. Qu'advient-il des substances fertilisantes ?

Sur 1.271 kilogrammes d'acide phosphorique apportés par les eaux, 126 seulement sont retenus par les cultures, 1.145 se perdent dans les drains, soit 90 %. Sur 1.407 kilogrammes de potasse, 239 sont utilisés, 1.168 tombent dans les drains, soit 83 %. Pour l'azote, on a calculé que 93 % s'écoulent sans profit ; quant à la chaux, beaucoup plus abondante que les deux premiers corps, elle est également perdue dans les mêmes proportions.

En moyenne, les quatre substances nourricières

des plantes sont abandonnées aux drains à raison de 90 0/0; sans doute, si l'on employait 4.000 mètres cubes au lieu de 40.000, *toutes* les substances minérales seraient utilisées, *mais* l'arrosage serait dérisoire. On perd donc les 9/10^e de l'engrais; si l'on voulait les utiliser intégralement, il faudrait que Paris dépense 9 fois plus d'eau qu'il ne le fait. Il faudrait alors étendre beaucoup les surfaces d'épandage.

On le voit, ces déductions paraissent combattre avantageusement les conclusions de M. Badois.

« L'on irait absolument à l'encontre de la vérité en disant que le système d'évacuation urbaine des liquides de la vidange, en séparation des eaux ordinaires d'égout, permettrait une utilisation plus complète des éléments fertilisants, déchets de la digestion humaine et animale. C'est juste l'inverse qui se produirait. Le système séparé, comme celui pratiqué à Levallois-Perret et à Berlin, donne des eaux plus concentrées que celles du tout-à-l'égout ordinaire. Pour ce qui est de l'épuration terrienne des eaux-vannes, dans les sols très perméables *l'utilisation agricole de la fertilité est en raison inverse du degré de concentration* » (Vincey).

C'est une erreur de prétendre que l'utilisation est plus parfaite à Berlin. Là-bas, les eaux-vannes sont 2 fois plus riches en azote, 3 fois plus en acide phosphorique et 2 fois plus en potasse. Comme les récoltes prennent la même quantité de matières nutritives, la perte est la même qu'à Paris. A supposer qu'on irrigue à Berlin comme à Gennevilliers la perte

serait le triple. Mais alors l'arrosage serait excessif étant donné le climat et la moindre épaisseur de la couche filtrante.

L'engrais apporté par les égouts, fait donc fructifier les récoltes ; constatation, qui n'est peut-être pas d'une grande valeur au point de vue hygiénique, puisque, tout sacrifice au nom de l'hygiène étant une économie, la destruction pure et simple des matières fécales, par l'incinération par exemple, serait acceptable, bien que l'agriculture en fût lésée, si elle était d'une application facile. Néanmoins, il est heureux de voir que l'épandage mène à deux fins : épuration et fertilisation.

Il forme de « véritables oasis au milieu des déserts de sable des environs de Berlin » ; à Gennevilliers, il a quintuplé la valeur des terres. A Reims, l'exploitation est d'un excellent rendement ; une compagnie a établi, sur les terrains irrigués, des distilleries où l'on fabrique en grand de l'alcool de betterave. Dans beaucoup d'endroits, on fait de l'élevage et l'on installe des vacheries ; Berlin, au dire de Proust, consomme, presque exclusivement, un lait qui est excellent. On comprend, par là, l'enthousiasme des agriculteurs.

En 1898, le *V^e Congrès International d'Agriculture* estimait « que l'épandage devait être adopté à l'exclusion de tous les autres procédés mécaniques ou chimiques ou d'envoi à la mer ». En 1900, le *VI^e Congrès*, appelé à se prononcer sur le rapport de MM. Bechmann, Launay et Vincey, arrivait à cinq conclusions adoptées à l'unanimité. « De tous les

moyens employés par les villes, affirmait la première, pour se débarrasser de leurs eaux d'égout, le plus parfait et le plus recommandable, lorsque les circonstances s'y prêtent, est incontestablement l'épuration par le sol au profit de l'agriculture ».

Pour l'hygiéniste la culture présente, en outre, un avantage appréciable. Les plantes et les arbres distillent une grande quantité d'eau dans l'atmosphère ; ce sont, suivant l'heureuse expression de Chevreul, autant de *drains verticaux*. Il ne suffit pas, en effet, que le sol soit bien ameubli et bien perméable, cette qualité regarde la filtration nécessaire au fonctionnement des bactéries nitrifiantes, il faut encore que l'eau apportée ne s'accumule pas sur place, de façon à se mêler à la nappe souterraine, à en élever le niveau et à former des marécages qui deviendraient, à brève échéance, une cause d'insalubrité. Evidemment, le drainage vertical, constitué par les végétaux, est loin d'être suffisant, de là l'indication formelle d'enterrer tout un système de conduits de béton perforé, comme à Gennevilliers, qui recueillent l'eau purifiée et la portent directement à la rivière voisine.

Quant à la profondeur où ces *drains* sont placés, elle varie avec le niveau de la nappe souterraine. A Berlin, où la couche filtrante est peu épaisse, elle est de 1 mètre 50 ; à Gennevilliers, elle atteint 2 et 3 m. Il est clair que plus la couche filtrante sera épaisse, plus le terrain sera favorable à l'épuration des eaux-vannes, puisque celles-ci subiront un contact plus prolongé des bactéries nitrifiantes. A Berlin, on

irrigue à raison de 13.000 mètres cubes par hectare et par année en moyenne ; le taux légal français de 40.000 mètres cubes, semble être un maximum qu'il faut s'appliquer à ne pas atteindre ; c'est bien ce qui paraît ressortir des multiples discussions qui ont eu lieu à ce sujet.

L'épandage ne saurait être jugé d'après ce qui s'est passé à Pierrelaye-Méry et à Carrières-Triel : il s'est trouvé, là, en butte aux mauvaises conditions du terrain et au défaut d'aménagement de ce terrain ; fatalement, il devait avoir des effets désastreux. Dès 1899, M. le Dr Thoinot en faisait une sévère critique : les ingénieurs eurent le tort d'amener les eaux-vannes sans installer, au préalable, un système de drainage. D'où formation de mares stagnantes, inondation des caves et ascension de l'eau dans les puits. Les habitants ne pouvaient se résoudre à boire cette eau, qui dégageait une odeur méphitique, et les municipalités étaient obligées d'en faire venir de très loin, par tonneaux. De plus, l'Oise devenait suspecte. Cette rivière, en effet, approvisionne plusieurs villes, telles Pontoise et Méry, situées en aval de l'embouchure de certains ruisseaux qui étaient passés, en 24 heures, d'un débit de 100 mètres cubes par jour à 2.600 mètres cubes d'une eau chargée de microbes et de substances organiques.

En 1900, M. Cornudet, député de Seine-et-Oise, s'élevait, à la Chambre, contre les irrigations de Pierrelaye-Méry. A l'appui de ses dires, il citait un passage du rapport du Dr Bourneville, en 1885, sur l'utilisation agricole des eaux d'égout de Paris et

l'« assainissement de la Seine ». Dans ce rapport, il est dit que les calcaires fendillés des plateaux de Pierrelaye-Méry ont une perméabilité locale et extrême qui ne convient pas à l'épuration.

La même année, la Commission technique, instituée par le Ministre des Travaux Publics, pour étudier la question, fut forcée de reconnaître la défectuosité des nouveaux champs d'irrigations.

L'épuration lui parut « moins complète que celle des eaux d'égout déversées sur d'autres terrains, à Achères, par exemple ». Les puits étant contaminés, Paris devait alimenter les communes en eau potable, ou, tout au moins, les subventionner. A Carrières-Triel, comme à Pierrelaye-Méry, on avait été trop vite et trop grandement ; la nappe souterraine s'était élevée, les caves avaient été inondées, des puits s'étaient même effondrés, d'où nécessité, pour Paris, de fournir de l'eau potable et de poser des drains.

Est-ce une raison pour condamner l'épandage d'une façon générale ? Evidemment non. Si l'on se fonde sur les résultats obtenus à Gennevilliers, à Achères, à Reims et à Berlin, on peut, au contraire, proposer le système toutes les fois que l'on dispose d'un sol propice. Lyon, suivant M. le professeur Gailleton, pourrait fort bien irriguer dans la vaste plaine du Dauphiné. Cette plaine est dans des conditions exceptionnellement favorables pour cela ; la couche filtrante y est très épaisse, puisque la nappe souterraine se trouve parfois à 30 mètres de profondeur.

Un filtre aussi épais fait présager une épuration

absolument parfaite, si l'on songe à la composition de l'eau des drains de Gennevilliers et de Berlin où la couche filtrante n'est que de quelques mètres seulement.

L'eau épurée. — On connaît la pureté de cette eau fraîche, limpide et inodore. En 1888, Koch disait à la Commission sénatoriale française envoyée à Berlin pour étudier l'épuration par le sol : « Tout le monde boit l'eau des drains dans les domaines et personne n'y a trouvé le moindre inconvénient ». C'est, d'ailleurs, maintenant la coutume de faire boire de cette eau à tous les visiteurs des champs d'épandage, que ce soit à Paris, à Berlin ou à Reims.

M. Marie-Davy a fait l'expérience suivante. Dans quatre anciens bassins de Gennevilliers, d'une profondeur d'environ 2 mètres, le fond et les côtés garnis d'un enduit imperméable, il met de la terre et plante des végétaux variés. Des drains placés à la base des bassins reçoivent les eaux épurées. Sur 24.000 mètres cubes déversés par hectare et par an, il n'en est arrivé que 1.600 jusqu'aux drains. Les eaux recueillies étaient très pures : elles gardaient 6 grammes d'azote organique sur 2.262 grammes apportés, soit 3 milligrammes par litre au lieu de 94, et 11 grammes d'azote ammoniacal sur 10 597, soit 6 milligrammes par litre contre 441 milligrammes.

Ces chiffres ont été retrouvés depuis, plus ou moins, par Frankland, Klopsch, Salkowsky, etc. On remarque toujours que l'azote nitreux et nitrique est beaucoup plus abondant pour l'eau épurée que pour

l'eau d'égout qui contient, en revanche, une grande quantité d'azote organique : c'est là le travail des infiniment petits.

Ces substances *minérales* ne sont pas toxiques et peuvent aller rejoindre la rivière. La vitalité des poissons est, sans contredit, un excellent réactif du degré de pureté de l'eau. Or, l'expérience en a été faite bien souvent, par von Behr, en Allemagne, par exemple; ils vivent et se multiplient très bien dans l'eau des drains. En 1891, dans un banquet à l'hôtel de ville de Berlin, on n'a même servi que des saumons et des carpes de cette provenance.

L'analyse micrographique est tout aussi satisfaisante que l'analyse chimique ou physique. D'après Bechmann (1888), « dans l'eau des drains de Gennevilliers, le microscope ne décèle plus qu'une vingtaine de bactéries, alors que l'eau des égouts de Paris répandue sur le sol, en contient mille fois plus et que l'eau des sources de la Vanne en renferme trois ou quatre fois autant ». Les drains accusaient, en effet, suivant MM. Marié-Davy et Miquel, 13 à 24 microbes par centimètre cube contre 62 pour l'eau de la Vanne, 1.200 pour l'eau de Seine et 20.000 pour l'eau d'égout. Pour M. Launay (1897), l'eau des drains « en contient trente fois moins que l'eau de Seine ou de la Marne prélevée au-dessus de Paris ».

MM. Chantemesse et Widal admettent, en 1900, qu'il y en aurait à peine plus que dans la Vanne, mais bien moins que dans la Dhuis. On connaît enfin les recherches de M. Grancher, montrant que le bacille

d'Eberth ne dépasse guère 40 centimètres dans la couche filtrante.

Suivant Koch les drains de Berlin donnent 2 à 3.000 bactéries par centimètre cube, au lieu de 38 millions pour les eaux-vannes ; or les eaux potables de la capitale contiennent 3.000 à 125.000 bacilles avant filtration et 120 à 200 après.

MÉTHODE BIOLOGIQUE

Historique. — L'épuration par les méthodes bactériennes est de date très récente. Après la découverte des bactéries nitrifiantes, on est arrivé logiquement à réaliser les conditions artificielles les plus favorables à leur développement pour leur faire épurer une quantité d'eau-vanne bien supérieure à celle que pouvait recevoir un simple champ d'épandage.

Les études ont été faites surtout en Angleterre où le sol n'offrait pas les qualités propices à l'épuration naturelle. Elles ont été poursuivies depuis une dizaine d'années à la *station de Lawrence* ; enfin quelques essais, rares du reste, ont été tentés en Allemagne et en France.

L'origine biologique de la formation des nitrates et des nitrites aux dépens de l'azote organique avait été soupçonnée depuis longtemps par Pasteur. En 1877, Schlœsing et Müntz l'ont mise en évidence par les expériences dont il est question plus haut. En 1888, M. Dibdin, ingénieur sanitaire de Londres, frappé des mauvais résultats que donnait l'épuration

chimique, proposa à l'Institut des Ingénieurs civils de Londres d'épurer les eaux d'égout en y cultivant les microbes. Ce fut un *tolle* général : on crut qu'il allait multiplier à plaisir les germes infectieux, dont on cherchait à se défaire jusqu'à ce jour. Dibdin ne s'arrêta pas là : en 1892, il commençait une série d'expériences dans les bassins de décantation qui couvrent de nombreux hectares sur la rive gauche de la Tamise à Barking.

Finalement, il créait la célèbre installation de Lutton, dont il dirigea l'application dans un grand nombre de villes anglaises.

L'auteur s'occupait jusque-là uniquement des *aérobies*. Scott-Moncrief avait deviné l'action préalable des *anaérobies* transformant les substances quaternaires en peptones, et en 1895, Donald-Cameron imaginait le *septic Tank* à Exeter : c'était l'entrée en scène des anaérobies.

Dès 1893, Loweock, de Birmingham, s'occupait de l'aération artificielle des champs d'épandage : il en fit la première application à Wolverhampton en 1895. Il est ainsi un grand nombre d'inventeurs qui ont cherché à faire rendre aux microbes le plus de travail possible ; citons Scott-Moncrief, Adney, Garfield, Ducat, Whitakers, Clownes et Houston.

Sans entrer dans les détails des différents systèmes de filtrage qui sont au-dessus de notre compétence, on peut en juger la valeur par le nombre des villes où ils ont été employés et que citent, en 1900, MM. Thudichum, Sutton, Worcester-Park, Leeds, West-Branwich, Manchester, Oswestry, Hampton,

Alton, Harzon, Haywards, Heath, Maidstone, Woodford, Saint-Albans, Aylesbury, Barking, Crossness, Blackburn, Carlisle, Exeter, Yeovil, Barrhard, etc.

En 1887, le Conseil de santé de l'Etat de Massachusetts fondait la célèbre station de Lawrence. M. Hiram Mills, nommé directeur, était assisté de chimistes et de bactériologistes très distingués, c'étaient : MM. Allen Hatzen, George Fuller, Drown et Sedgwick. Chaque année le fonctionnement d'une trentaine de bassins à filtration bactérienne a fait l'objet d'un rapport très documenté qui a causé, lors de ses premières publications surtout, l'étonnement des hygiénistes français : les articles des diverses revues d'hygiène en font foi.

En 1894, le colonel Waring préconisait l'aération artificielle des filtres de Newport, près New-York. C'était rechercher l'exaltation des germes nitrificateurs, mais l'aération ainsi comprise, nécessitant des machines pour actionner les pompes à air, ne va pas sans un prix assez élevé, qui a fait abandonner ce système.

La France et l'Allemagne n'ont à peu près rien fait. A Grosslichterfeld une compagnie a installé des lits bactériens imités de Dibdin et de Cameron, qui ont été l'objet d'un rapport de MM. Schmidt-mann et Proskanter en 1899. En 1897 M. de Montricher, ingénieur civil des mines, a publié, dans *l'Association française pour l'avancement des sciences*, la relation de l'épuration des eaux-vannes d'Avignon, au moyen d'un filtre composé de sable

fin et de polarité « qui neutralise les matières organiques et favorise, comme les sols perméables, le développement du ferment nitrificateur ». On doit sans doute voir ici une imitation de ce qui se passait depuis dix ans aux Etats-Unis.

En somme, il faut arriver jusqu'à ces dernières années tout à fait pour voir l'épuration bactérienne devenir bien connue, sinon entrer dans la pratique grâce aux recherches et aux expériences de M. le professeur Calmette, directeur de l'Institut Pasteur de Lille, en collaboration avec M. Rolants, chef du Laboratoire, et de M. Launay, ingénieur en chef de l'Assainissement de Paris.

Fonctionnement. — La décomposition des matières en suspension dans les eaux d'égout suit une marche assez compliquée. Ces matières forment deux groupes principaux, qui vont être attaqués par les bactéries. « Ce sont d'abord, écrit M. Calmette, les substances dites ternaires, telles que la cellulose, le sucre, l'amidon, les acides organiques.... Elles doivent être transformées en éléments minéraux simples par l'intervention successive de microbes qui, le plus ordinairement, préfèrent vivre à l'abri de l'air, c'est-à-dire à l'état *anaérobie*. Le second groupe de substances, dites quaternaires, comprend toutes les matières azotées... Toutes ces matières, quand elles deviennent la proie des microbes, commencent par se liquéfier si elles étaient solides, puis elles se transforment en peptones ; d'autres ferments interviennent alors pour les dégrader

d'avantage et en faire des acides amidés, de la leucine, du glyocolle, de la tyrosine, de l'urée et surtout de l'ammoniaque. A leur tour, les acides amidés et l'ammoniaque subissent une désintégration plus complète sous l'action des ferments nitrificateurs et ceux-ci aboutissent en dernier lieu à la formation des nitrates. » Ces derniers termes sont le produit des *aérobies*.

Il semblerait logique de s'occuper d'abord des anaérobies puisque ceux-ci commencent leur œuvre destructive avant les aérobies; mais il vaut mieux suivre l'ordre des découvertes scientifiques.

Les faits rapportés par l'*Annual Report of the state Board of health of Massachussets* ont clairement mis en évidence la nécessité de l'aération pour les bassins de filtration. Ces bassins, profonds de 1 mètre 80, larges de 5, renferment des sables de grosseurs diverses, depuis trois centièmes de millimètre. Si les grains sont très fins, ils retiennent très bien les bactéries à leur surface, mais l'eau s'écoule mal et l'air ne se renouvelle pas; conséquence fatale : une grande quantité d'ammoniaque albuminoïde reste dans l'eau épurée. Ainsi dans un filtre où les grains de sable avaient moins d'un demi-millimètre, l'ammoniaque persistait à raison de 95 pour 100000 d'eau épurée.

Au contraire, à la sortie d'un autre filtre, où les grains mesuraient 6 et 12 millimètres, l'ammoniaque égalait 0,3 pour 100000.

Dans le premier cas, la « *water capacity* c'est-à-dire la rétention de l'eau dans les fins interstices

par suite de la capillarité était considérable, mais cette eau n'était pas aérée : l'« *air capacity* » était à peu près nulle : les aérobies ne pouvaient donc pas agir.

D'un autre côté, si les pierres sont très grosses, l'« *air capacity* » est à son tour considérable et la « *water capacity* » très réduite : la nitrification ne va plus car l'eau s'échappe trop vite à travers des interstices très larges et entraîne avec elle les ferments.

MM. Hiram Mills et Allen Hazen ont encore démontré la nécessité de l'intermittence des irrigations. Sans elle le filtre est vite obstrué par les matières organiques et les microbes, privés d'oxygène, ne peuvent les dissoudre. A Lawrence on faisait donc en moyenne trois arrosages par semaine sur les bassins. Le filtre se reposait dans l'intervalle, se remplissait d'air et devenait de nouveau apte à épurer l'eau d'égout. Le système de Sutton, inventé par Dibdin, est basé sur les mêmes principes.

La capacité d'un lit bactérien est d'un tiers pour l'eau-vanne.

« L'introduction de l'eau d'égout dans les lits, suivant M. Thudichum, dure jusqu'au moment où elle atteint le niveau supérieur des matériaux filtrants, et on laisse le lit plein pendant deux heures. » Il est ensuite vidé et laissé au repos ; cet arrêt est destiné à l'approvisionnement d'oxygène.

La réaction chimique des eaux-vannes n'est pas sans influence sur la vitalité des ferments nitrificateurs ; chaque fois qu'elle cesse d'être alcaline ceux-ci

sont détruits rapidement et le filtre ne fonctionne plus. On doit neutraliser l'acidité à l'aide de morceaux de marbre ou de pierre à chaux comme on le faisait à Lawrence. D'ailleurs, l'action néfaste des acides sur les microbes nitrificateurs n'a rien qui surprenne, car elle est commune à un grand nombre de bactéries.

Il en est ainsi pour la température. Son action sur les phénomènes de la nitrification a été constatée aussi bien aux Etats-Unis qu'en Angleterre. Pendant l'hiver, si certaines précautions ne sont pas prises, l'azote des matières organiques se transforme en ammoniacque au lieu de se transformer en nitrate ; les bactéries, engourdies en quelque sorte, cessent d'attaquer les substances dissoutes. Mais, quand la température se relève, les filtres reprennent brusquement leur activité première.

Aux mois de décembre, janvier et février, quand l'eau sortant des filtres de Lawrence marquait seulement $+ 2^{\circ}$ et $+ 4^{\circ}$ centigrades, sur 100 parties de matières organiques contenues dans l'eau d'égout, il s'en retrouvait 10 à 20 parties dans l'eau épuisée. Inversement les nitrates diminuaient. Au printemps, les nitrates augmentaient et les matières organiques diminuaient dès que la température de l'eau épurée oscillait entre $+ 8^{\circ}$ et $+ 9^{\circ}$. La remarque suivante a même été faite : cette eau contenait une quantité de nitrate supérieure à celle que pouvaient fournir les substances azotées de l'eau d'égout versée à la partie supérieure des filtres. Cet excédent provient de la transformation de matières accumulées pendant l'hiver dans les porosités du bassin et qui, par suite

du froid, n'avaient pas encore subi la nitrification.

D'autre part, normalement, quand un filtre est neuf et n'a pas encore fonctionné, la première eau d'égout qui le traverse sort presque avec la même proportion d'azote organique ou d'ammoniaque albuminoïde qu'elle contenait au moment de l'irrigation. Par une température de $+ 21^{\circ}$ centigrade dès le 4^e jour l'eau des drains renferme des nitrates; mais avec $+ 5^{\circ}$ ce n'est plus que le 59^e jour que l'eau sortant des drains en contient. Le froid empêche ainsi la multiplication des microbes nitrificateurs, comme il arrête leur action.

« L'augmentation de un degré et demi de température en décembre, dit Suller, obtenue par la protection des filtres contre le refroidissement a fait apparaître la nitrification de 15 à 22 jours plus tôt que dans les expériences précédentes au mois de novembre, sans ces moyens de protection. » Ceux-ci consistent simplement à couvrir les bassins de toiles de tente, de nattes ou de cadre de bois. On a cherché depuis à relever la température de l'eau-vanne soit à l'aide de jets de vapeur, comme dans le filtre Wittaker-Bryant, soit à l'aide de l'air chauffé comme dans le filtre Ducat. Ces divers procédés sont comme l'aération artificielle préconisée par le colonel Waring, peu recommandables, car ils nécessitent un matériel coûteux dont il faut savoir se passer. Le simple abri en planches ou en paille suffit pendant les plus grands froids : c'est le seul moyen recommandé par MM. Dibdin, Cameron, Rideal, Calmette et tous ceux qui se sont occupés de l'épuration bactérienne. L'eau

d'égout arrive toujours avec une température d'au moins $+ 7^{\circ}$ ou $+ 8^{\circ}$ centigrades ; les « moyens de protection » maintiennent cette température, entretenue d'ailleurs par les fermentations.

Le principal inconvénient des lits bactériens aérobies est de se colmater assez rapidement. On est alors obligé de les laisser au repos pendant plusieurs semaines : les bactéries attaquent les substances insolubles qui obstruent les pores du filtre, et celui-ci peut de nouveau servir. Waring activait cette oxydation, à Newport, en insufflant mécaniquement de l'air. A Lawrence, il fallait racler et remuer le sable de la surface une fois par semaine à la profondeur d'un pouce : on comprend, en effet, que les détritiques s'accumulaient surtout à la partie supérieure des bassins, remplis de sable beaucoup plus fin que les scories des lits bactériens, du genre Dibdin.

Pour détruire ces substances qui résistaient aux aérobies, Cameron mit à profit les propriétés des anaérobies, découvertes déjà par Scott-Moncrief et créa la « *septic fauk* ». Les eaux d'égout s'accumulent dans cette fosse « pendant un temps suffisant pour qu'il s'y développe, à l'abri de l'air, une abondante végétation de microbes anaérobies, et pour que, sous l'action de ces microbes, les matières insolubles soient presque entièrement solubilisées ». Nous connaissons déjà les derniers termes de cette transformation : glycocolle, urée, etc.

L'opération demande un contact de 24 heures entre l'eau-vanne et les anaérobies. L'expérience a montré qu'il n'est pas nécessaire de clore herméti-

quement la fosse ; en peu de temps « les bulles de gaz qui crèvent à la surface, dit M. Calmette, charrient les matières solides et celles-ci ne tardent pas à constituer une sorte de chapeau noir, gras, plus ou moins dense », « ayant l'aspect de cuir, dit M. Thudichum, qui forme une couverture impénétrable sous laquelle se développent et travaillent les anaérobies ». Cette écume acquiert au bout de plusieurs mois, 20 à 30 centimètres d'épaisseur, puis n'augmente plus. Sur la sole de la fosse septique se forme un dépôt de 25 à 30 centimètres de matières lourdes, difficilement solubles. « Ce dépôt, lui aussi, n'augmente plus, après quelques mois ou même quelques années de fonctionnement » (Calmette).

Entre temps il se dégage, en assez faible quantité d'ailleurs (1 mètre cube pour 8 mètres cubes d'eau-vanne), des gazs *qui n'ont point une odeur nauséabonde, mais rappellent seulement les usines à gaz*. Ils forment un mélange d'azote, d'hydrogène, de méthane et d'acide carbonique et sont, par conséquent, inflammables pour la plupart. M. Calmette s'est assuré qu'ils brûlaient en donnant une flamme très éclairante avec un manchon Auer. A la Société de Médecine publique et de Génie sanitaire, M. Lanseigne déclarait même que la ville d'Exeter a l'intention d'utiliser leur combustion : ils actionneraient les dynamos d'un tramway électrique.

Ce système à simple contact anaérobie, installé à Exeter, a été essayé à Leeds et à Manchester, c'est le pendant du système Dibdin, à simple contact aérobie. Aujourd'hui on combine les deux appareils :

le procédé de choix est le *procédé bactérien anaérobie avec double contact aérobie*, longuement décrit, l'année dernière, par MM. Calmette et Launay. M. le Dr Navarre en a fait ici l'exposé à la Société de Médecine de Lyon, au mois d'avril 1901.

L'avantage de cette méthode est que, au moment où elles arrivent sur les lits bactériens Dibdin, les eaux-vannes ne renferment plus, ou presque plus, de substances solides en suspension ; celles-ci ont été dissoutes par les anaérobies du septic-fank Cameron. Donc, le colmatage des lits n'est plus à craindre.

A Manchester, la capacité des fosses septiques est calculée pour recevoir 400,000 mètres cubes par jour. Les eaux d'égout y séjournent 24 heures. Elles sont ensuite réparties sur un certain nombre de lits bactériens. Ceux-ci sont remplis de scories dont les morceaux vont en diminuant de volume de haut en bas. La superficie de chaque lit est de 2,000 mètres carrés pour 1 mètre 10 de profondeur. Les eaux restent deux heures dans un premier bassin ; elles sont ensuite dirigées sur un second bassin, où elles séjournent également deux heures. « On règle le remplissage de la façon suivante :

Une heure de remplissage.

Deux heures de contact de l'eau avec les scories.

Une heure de vidange.

Quatre heures de repos pour l'aération des scories.

Cette alternance est répétée trois fois en vingt-quatre heures » (Calmette).

L'eau épurée. — Avantages et inconvénients du système. — Au sortir du premier lit, sur 100 parties de matières organiques dissoutes dans les eaux, 50 ont été transformées en nitrates et ammoniacque ; au sortir du second, 50 pour 100 ont également subi cette métamorphose. Mais il reste encore une certaine dose, très faible sans doute, mais encore appréciable, d'azote organique dans les eaux épurées. « Celles-ci, écrit M. Launay, sont, à coup sûr, inférieures aux eaux de drainage de notre épuration par le sol, que l'épreuve bactériologique place au premier rang des eaux pures ; très riches en microbes, elles paraissent même contenir encore de la matière organique ».

Les microbes restent, à raison de 5 ou 10 pour 100 de la quantité totale contenue dans les eaux d'égout. Beaucoup de germes pathogènes résistent, MM. Cadéac et Delore avaient déjà montré que le bacille de Koch résiste à la fermentation dans les fosses fixes. A Grasslichterfeld, Proskauer trouve que les microbes, dans les lits de Dibdin, tombent de plusieurs millions par centimètre cube d'eau vannée à 200.000 ou 750.000 et le coli en particulier à 430.000 et 920.000. La destruction est donc nettement insuffisante. Rappelons-nous, toutefois, que ce ne sont pas les microbes qui constituent le danger quand les eaux d'égout sont déversées au fleuve, mais les matières fermentescibles. Privés de ce substratum nourricier, ils ne tardent pas à disparaître. Or, les eaux épurées par la méthode biologique gardent très peu d'azote organique : elles ne contamineront donc

pas les rivières. Comme le préconise M. Launay, l'agriculture peut utiliser, au besoin, une partie de ces eaux ; elles renferment, en effet, les éléments nutritifs des plantes, tout préparés, comme le sont les nitrates, par exemple.

L'épuration bactérienne présente encore des avantages appréciables. C'est, d'abord, le peu de surface qu'elle demande. Le traitement de 100.000 mètres cubes d'eau d'égout par jour n'exige que 26 hectares seulement. Pour épurer par le sol, pendant une année, à raison de 40.000 mètres cubes par hectare et par an, comme cela se fait à Paris, un débit quotidien de 100.000 mètres cubes, il faudrait 900 hectares au moins. La méthode biologique épure donc presque 36 fois plus d'eau d'égout que l'épandage.

En outre, elle s'adapte à des agglomérations peu considérables, à des usines qui contaminent d'ordinaire les rivières. Cette question des eaux résiduaires des usines a fait, tout récemment, l'objet d'un travail très concluant de MM. Calmette et Rolants à propos des fabriques de lainages de Verviers et de Roubaix-Tourcoing.

Quant à la facilité d'application aux petites agglomérations, M. Thudichum y insiste beaucoup, dans une brochure publiée en 1900, et traduite par M. Launay. « Chaque village, chaque maison de campagne, chaque établissement public peut avoir sa propre installation qui, sans dépense excessive, épure ses eaux résiduaires et empêche la contamination des cours d'eau voisins ». A Radley-Collège, par exemple, le problème de l'évacuation des sewages a

été résolu de cette manière. Nous avons appris, d'autre part, que le futur sanatorium d'Hauteville emploiera la même méthode : l'épuration chimique des eaux usées du sanatorium non payant a soulevé les protestations des voisins à cause des horribles odeurs qu'elle occasionne.

Enfin, l'installation est de prix peu élevé ; une fois mis en marche, les lits bactériens et le septic-tank ne coûtent presque rien. Londres, suivant M. Thudichum, réaliserait une économie annuelle de 750.000 francs s'il adoptait l'épuration bactérienne.

D'après M. Bechmann, il résulterait du Congrès de Glasgow (août-septembre 1901) que les lits bactériens forment des boues dont il est très difficile de se débarrasser. Toutefois, leur volume n'est pas comparable à celui que donnaient les procédés chimiques. Pour M. Thudichum, c'est le lot de quelques procédés bactériens seulement, comme celui d'Adeney ; mais cela semble bien acquis aujourd'hui, MM. Calmette et Launay l'ont montré, le procédé bactérien anaérobie, avec double contact aérobie, n'en laisse pas du tout.

Quoiqu'il en soit, il serait peut-être imprudent de se prononcer très franchement aujourd'hui. C'est depuis peu d'années que l'épuration biologique est en honneur en Angleterre, comme le furent autrefois les procédés chimiques. Manchester a construit ses lits bactériens, il y a deux ans à peine.

Les méthodes nouvelles ne sont pas encore sorties de la période d'essai (Campbell cité par Bechmann) et l'étude devrait en être plus scientifiquement

dirigée qu'on ne l'a fait jusqu'à présent en Angleterre (Scott-Moncrieff).

Du reste, le *Local Government Board* hésite à donner son entière approbation aux procédés biologiques, puisqu'il interdit de déverser l'affluent des lits bactériens dans les cours d'eau, avant de lui avoir fait subir, au préalable, la filtration par le sol.

CONCLUSIONS

Le Tout-au-Fleuve est un moyen simple et recommandable pour l'évacuation des eaux d'égout. Mais il faut pour cela un cours d'eau fort et rapide : choses évidemment très rares, du moins en Europe.

Le Tout-à-la-Mer est admissible, mais à la condition de conduire les sewages assez loin des côtés.

Les procédés mécaniques et les procédés chimiques présentent des inconvénients très marqués. Ceux-ci, d'un autre côté, ne sont point compensés par une épuration suffisante des eaux-vannes.

La méthode est de plus en plus abandonnée. Les pays, qui l'ont employée, n'en comptent plus aujourd'hui les succès.

L'épandage avec utilisation agricole paraît être le plus sûr et aussi le plus profitable moyen d'épurer les eaux d'égout, chaque fois que l'on dispose d'un terrain perméable avec couche filtrante suffisamment épaisse.

Le taux légal de 40.000 mètres cubes par hectare et par an est un maximum qu'il serait peut-être à souhaiter de ne pas atteindre.

Par crainte de colmatage, on pourrait préférer voir distribuer les eaux en moindre quantité sur des terrains plus étendus. L'intermittence des irrigations et l'aération du sol seraient sans doute ainsi mieux assurés.

L'épuration bactérienne semble appelée à devenir la ressource inespérée pour les villes où l'épandage est impossible. Supérieure, sans comparaison, aux procédés mécaniques et chimiques, elle peut, mieux encore que ceux-ci, s'adapter aux faibles agglomérations, et mêmes aux propriétés particulières.

Mais l'association de la *Septic Tank* de Cameron et du *lit bactérien* de Dibdin est nécessaire pour éviter le dépôt de boues, médiocre d'ailleurs, auquel n'échappe pas la méthode aérobie exclusive.

En outre, chaque installation doit se compléter d'un certain nombre de *lits bactériens de réserve*, appelés à fonctionner aussitôt que les autres donnent des signes de défaillance.

Vu :

Le Président de la Thèse,

J. COURMONT.

Vu :

Pour le Doyen :

L'Assesseur,

LACASSAGNE.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Lyon, le 27 Décembre 1901.

Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,

GABRIEL COMPAYRÉ.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ARNOULD. — Nouveaux éléments d'Hygiène (Paris, Baillière).....	1895
BADOIS. — Le Tout-à-l'égout. Troisième congrès de la Propriété bâtie (Paris, Guérin-Derenne).....	1897
BARRÉ (L.-A. et P.). — La Ville salubre (Paris, Baillière).....	1897
BARRÉ (L.-A. et P.). — La Maison salubre.....	1898
BECHMANN. — Encyclopédie des Travaux publics. Salubrité urbaine. Distribution d'eau. Assainissement (Paris, Baudry).....	1888
BECHMANN. — Sur le Fonctionnement des champs d'épuration de Paris et de Berlin (<i>Rev. d'Hyg.</i>).....	1895
BECHMANN. — L'épuration bactérienne des eaux d'égout au Congrès de Glasgow (sept. 1901 (<i>Rev. d'Hyg.</i>)).....	1901
BERTILLON. — Mortalité comparée de Gennevilliers, de l'arrondissement de St-Denis et de Paris (<i>Rev. d'Hyg.</i>).....	1889
BRANDÉIS. — Dangers de l'arrosage des plantes potagères par les matières fécales (<i>Journal de Médecine et de Chirurgie pratique</i>).....	1896
CARNOT. — Epuration des eaux d'égout par le sol (Association française pour l'avanc. des Sciences)	1886

CALMETTE. — Les procédés biologiques d'épuration (<i>Rev. d'Hyg.</i>).....	1901
CALMETTE et ROLANTS. — Sur l'application des procédés d'épuration biologique aux eaux résiduaires de Verviers (<i>Rev. d'Hyg.</i>).....	1901
CLÉMENT. — Lyon. Ethnographie. Démographie. Sol. Topographie. Climatologie (H. Georg. Lyon).....	1889
DELORE. — L'Hygiène de Lyon à la Société de Médecine (<i>Annales d'Hyg. publique et de Pol. San.</i>)	1901
DUPART. — Rapport à la Société Nationale de Médecine à Lyon, sur l'immunité du milieu militaire lyonnais concernant la fièvre typhoïde.....	1898
DURAND-CLAYE. — Assainissement de la Seine (Paris, Chaix)	1885
DURAND-CLAYE. — Mémoire sur l'assainissement de Berlin (Paris, Dunod).....	1886
FRANK. — Ueber Reinigung staedtischer Kanalwaesser durch torf-filtration (Gesundheits-Ingenieur)	1898
FREYCINET. — Rapport sur l'assainissement industriel et municipal de la Belgique et de la Prusse rhénane (Paris, Dunod).....	1865
FREYCINET. — Rapport sur l'assainissement industriel et municipal en France.....	1866
FREYCINET. — Rapport sur l'emploi des eaux d'égout à Londres	1867
GENIS (L.). — Conférence sur l'assainissement de Marseille (Barthellet, Marseille).....	1895
HANCOCK. — Bericht ueber den Stand der Abwasser-Ververtung durch Berieselung in Birmingham (Gesundheits-Ingenieur).....	1888
LACASSAGNE. — Précis d'Hygiène appliquée (Paris, Masson),.....	1895
LANGLOIS. — Précis d'Hygiène publique et privée (Paris, O. Doin).....	1901

- LAUNAY. — Champs d'épandage d'Achères et de Gennevilliers (*Rev. d'Hyg.*)..... 1897
- LAUNAY. — L'épuration bactérienne des eaux d'égout.
Rapport de mission en Angleterre (*Rev. d'Hyg.*). 1901
- LAUNAY. — Réflexions sur l'épuration bactérienne des
eaux d'égout (*Rev. d'Hyg.*)..... 1901
- DE MONTRICHER. — Assainissement de la ville d'Avignon (Association française pour l'Avanc. des
Sciences) 1897
- A. MILLE. — Assainissement des villes par l'eau, les
égouts, les irrigations (Paris, Dunod)..... 1884
- METZGER. — Klardersuche (Gesundheits-Ingenieur).. 1897
- NAPIAS et J.-A. MARTIN. — L'étude et les progrès de
l'Hygiène en France, de 1878 à 1882 (Masson,
Paris)..... 1882
- P.-J. NAVARRE. — Nos défenses naturelles (Mougin-
Rusand, Lyon)..... 1901
- A. OLLIVIER. — Etudes d'Hygiène publique (Paris,
Steinheil), 1888, 1890, 1891 et..... 1898
- ŒSTEN. — Bericht über die Ergebnisse der Fischzucht
in dem Drainwasser der Rieselfelder zu Melchow
bei Berlin (Gesundheits-Ingenieur)..... 1892
- PARENT-DUCHATELET. — Hygiène publique (Paris,
Baillière)..... 1836
- PALMBERG. — Traité de l'Hygiène publique (Paris, O.
Doin)..... 1891
- PROUST. — Champs d'épuration de Berlin (*Rev. d'Hyg.*) 1888
- A. PARKES. — A Manual of Practical Hygiene (London,
J.-A. Churchill)..... 1887
- RICHARD. — Précis d'Hygiène appliquée (Paris, O.
Doin)..... 1891
- J. ROCHARD. — Encyclopédie d'Hygiène et de Médecine
publique (Paris, Hecrosnier et Babé)..... 1890
- J. ROCHARD. — Traité d'Hygiène sociale (Paris, Delahaye-Hecrosnier)..... 1888
- ROLANTS et GALLEMAND. — Nitrification dans les lits

bactériens aérobies (<i>Rev. d'Hyg.</i>).....	1901
VON RIGLER. — Ueber die Selbstreinigung des Bodens (<i>Archiv. für Hygiene</i>).....	1897
THUDICHUM. — Traitement bactérien des eaux d'égout (C. Béranger, Paris) (traduction, par Launay)...	1901
THOINOT. — L'épandage de Pierrelaye-Méry (<i>Annales d'Hyg. publiq. et de Méd. lég.</i>).....	1899
THOINOT. — Valeur filtrante des terrains de Pierrelaye- Méry (<i>Annales d'H. P. et de M. L.</i>).....	1900
TRÉLAT. — Assainissement de Paris (<i>Rev. d'Hyg.</i>)..	1888
VINCEY. — Epuration terrienne des eaux d'égout (<i>Rev. d'Hyg.</i>).....	1897
VALLIN. — Traité des désinfectants et de la désinfec- tion (Paris, Masson).....	1883
VALLIN. — Station d'expériences de Lawrence pour l'épuration des eaux d'égout par le sol (<i>Rev. d'Hyg.</i>)	1893
VALLIN. — Epuration des eaux d'égout en hiver et aération artificielle du sol (<i>Rev. d'Hyg.</i>)... ..	1896
VIRCHOW (Villaret). — Les champs d'épandage des environs de Berlin produisent-ils la fièvre typhoïde? (<i>Semaine Médicale</i>).....	1893
WAZON. — Principes techniques de l'assainissement des villes et des habitations (Paris, J. Baudry)...	1884
WERY. — Assainissement des villes et des égouts de Paris (Paris, C. Dunod).....	1898
<i>Lyon Médical</i> (Société de Médecine, Hygiène lyon- naise).....	1901
Préfecture de la Seine. Assainissement de la Seine. Epuration et utilisation des eaux d'égout (Gau- thier-Villars, Paris).....	1876

